

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА . ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДПОСАДКОВОГО
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ З
НАРІЗАННЯМ ГРЯД РОЗРОБЛЕНИМ ГРЯДКОУТВОРЮВАЧЕМ»

Виконав: студент 4 курсу групи Аін-41

спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Дишаківський Руслан Богданович
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., в.о.доцента Оксана Березовецька
(прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

УДК 631.374.88:635.21

Дищаківський Р. Б. Підвищення ефективності передпосадкового обробітку ґрунту під час вирощування картоплі з нарізанням гряд розробленим грядкоутворювачем. Дипломний проєкт. Дубляни: кафедра агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича Львівського НУП, 2024.

52 с. текст. част., 7 рис., 3 табл., 27 джерел, 6 арк. графіч. част. формату А1.

Проведено аналіз технологічних операцій виробництва картоплі. Розглянута операція передпосадкового обробітку ґрунту з утворенням грядок із використання розробленого грядкоутворювача на базі грядкоутворювача УГН-4К. Розраховані основні техніко-економічні показники даної операції та розроблена операційна карта.

До грядкоутворювача УГН-4К розробили спеціальні грядкоутворювачі замість ґрунтообробних фрез. Запропоновані грядкоформуєві складаються з вирівнюючих шлейфів та зубової борони, а борозенку утворюють плужні розгортачі, що формують борозенку. Запропонований агрегат є більш простіший за конструкцією і характеризується більшою продуктивністю. Розраховані основні технологічні та конструктивні параметри запропонованого грядкоутворювача.

Розглянуті питання охорони праці під час виконання передпосадкового обробітку ґрунту з утворенням грядок та розроблені правила техніки безпеки під час роботи на запропонованому агрегаті, а також питання охорони довкілля.

Виконано розрахунок економічної ефективності розробленого грядкоутворювача.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	7
1.1. Грядково-стрічкова технологія вирощування картоплі	7
1.2. Огляд конструкцій машин для утворення грядок	10
Висновок.....	13
2. РОЗРАХУНОК АГРЕГАТУ ДЛЯ ПЕРЕДПОСАДКОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З УТВОРЕННЯМ ГРЯД.....	14
Висновки.....	22
3. РОЗРОБКА ГРЯДКОУТВОРЮВАЧА	23
3.1. Обґрунтування розробки грядкоутворювача	23
3.2. Будова та технологічний процес роботи грядкоутворювача	23
3.3. Розрахунок основних параметрів грядкоутворювача	24
3.3.1. Розрахунок конструктивних параметрів грядкоутворювача	24
3.3.2. Розрахунок глибини ходу корпусу грядкоутворювача для формування заданої висоти грядки	28
3.3.3. Розрахунок клемового з'єднання кріплення секції грядкоутворювача до лонжеронів	30
Висновки.....	34
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	35
4.1. Структурно-функціональний аналіз процесу підготовки ґрунту під садіння картоплі з формуванням грядок.....	35
4.2. Моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій під час підготовки ґрунту під садіння картоплі з формуванням грядок.....	36
4.3. Обґрунтування організаційно технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу.....	37
4.3.1 Правила техніки безпеки під час використання агрегату	37
4.3.2 Розрахунок агрегату від перекидання на схилах	38

4.3.	Захист цивільного населення.....	38
5.	ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ	40
5.1.	Охорона та раціональне використання ґрунтів	40
5.2.	Охорона та ефективне використання водних ресурсів	41
5.3.	Охорона атмосферного повітря	41
5.4.	Охорона тваринного світу	42
	Висновки і пропозиції.....	42
6.	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО ГРЯДКОУТВОРЮВАЧА УГН-4К.....	44
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	48
	СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	51

ВСТУП

Перед сільським господарством поставлене завдання – забезпечити населення продуктами харчування, а переробну промисловість сировиною. Особливе місце в вирішенні даного завдання належить картоплярству.

Картопля – це один з найважливіших продуктів харчування. У ній міститься багато поживних речовин, потрібних для нормального розвитку організму людини. Разом з тим, вона має важливе промислове значення. З неї отримують крохмаль, глюкозу, спирт та інші цінні компоненти. Ця сільськогосподарська культура також є цінним кормом для багатьох видів тварин, особливо незамінними під час виробництва свинини [7, 8, 17].

Одним з головних завдань сільськогосподарського виробництва є підвищення врожайності картоплі за рахунок впровадження інтенсивних технологій. Інтенсивна технологія – це єдиний комплекс типових методів обробітку ґрунту традиційними технологічними елементами з їх взаємозалежністю і чіткою послідовністю методів. Своєю метою вона ставить одержання найбільшої продуктивності культури. Для впровадження інтенсивної технології необхідно мати комплекс машин, який би давав змогу в необхідні агротехнічні терміни і якісно виконати всі технологічні операції процесу виробництва картоплі [4, 6, 7, 17].

На теперішній час, в західних регіонах України широкого використання набула гребенева технологія вирощування картоплі. Більш перспективною різновидністю даної технології є технологія, що передбачає нарізання грядок. Впровадження даної технології є проблематичне внаслідок відсутності ефективних засобів утворення грядок.

Метою дипломного проекту є запровадження грядкової технології, що передбачає висаджування бульби в утворені грядки. Для формування грядок перед посадкою необхідно розробити грядкоформувачі замість існуючих фрез для грядкоутворювача УГН-4К, що дасть змогу підвищити якість та зменшить собівартість виконання операції.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

1.1. Грядково-стрічкова технологія вирощування картоплі

Клімат Львівської області характеризується достатньою кількістю опадів, що приводить до перезволоження земель.

Картопля, що вирощується навіть гребневим способом з шириною міжряддя 70 см, не дає бажаних врожаїв.

Українським науково-дослідним інститутом картоплярства для меліоративних земель була запропонована і розроблена технологія вирощування картоплі на грядках з міжряддям 140 см.

Технологія крім загальних робіт передбачає нарізання грядок, глибоке рихлення по центру грядок, двострічкову посадку за схемою 110+30 см, до сходовий і після сходовий догляди і збирання.

Основою обробітку ґрунту на меліоративних землях, а також на понижених і тимчасово перезволожених ділянках є створення потужного, розпушеного добре аерованого орного шару, що попереджає додаткове зволоження [7, 17].

На вибір прийомів обробітку ґрунту впливають культури попередники, засміченість, механічний склад і фізичні властивості ґрунту, терміни внесення органічних добрив і інші фактори.

Після багаторічних трав виконують ранню зяблеву оранку плугами з передплужниками на глибину орного шару. Найбільш якісне обертання пласта забезпечує двоярусний плуг ПЯ-3-35 або звичайні плуги з гвинтовими полицями. На легких ґрунтах зразу після збирання проводять лущення і оранку плугами з вирізними полицями після внесення органічних добрив.

Весною перед нарізанням грядок проводять глибоке чизелювання, а після нарізання – розпушування під грядки на глибину до 40 см чизельним плугом ПЧ-4,5 з трьома чизельними стояками розташованими через 140 см. для нарізання грядок нами запропоновано використовувати грядкоутворювач

УГН-4К з якого замість фрезерного барабана, що сприяє формуванню грядки, встановлюємо розроблений грядкоформувавч.

Грядки формуються з шириною верху 80-40 см, низу – 100-110 см і висотою 14-16 см. ширина борозни по верху 50-60 см і по дну 30-40 см [7-9, 17].

Для кращого прогрівання ґрунту грядки нарізають за 4-6 днів до посадки картоплі. Перший прохід під час нарізання грядок роблять по мітках так як від прямолінійності гряд залежить продуктивність і якість роботи агрегату під час догляду за посадками.

Під час проходження грядкоутворювача відбувається формування одночасно трьох грядок. Для забезпечення на грядках двострічкової посадки, а також зменшення тягового опору на садінні картоплі використовують переобладнану шестирядну картоплесаджалку КСМ-6.

Переобладнання полягає в заміні сушників з гострим кутом сходження в ґрунт на дводискові в попарному встановленні ложечко-дискового висаджувального апарату на відстані 300 мм. по центрам ложечок, перестановленням ходових коліс саджалки на колію 1,4 м. та в збільшенні ширини захвату загортаючи дисків на 200 мм.

Сошник складається з двох сферичних дисків від загортачів картоплесаджалки з зігнутою під кутом 30° піввіссю привареної до стояка під кутом 25° . Для виготовлення дводискового сошника використовують секції культиватора КРН-4,2. Гряділь секції скорочують до 230-250 мм.

На гряділі в центральному кронштейні кріплять дводисковий сошник. Регулювання глибини посадки бульб картоплі виконується зміною положення стояка по висоті в кронштейні так як копіювальне колесо відсутнє.

Посадку картоплі виконують каліброваними бульбами масою 50...80 г. за умови нагрівання ґрунту до 8...10⁰ С. Глибина садіння 6-8 см, з нормою висадки – 45...50 тис. бульб на гектар.

Під час руху картоплесаджалки по полю з попередньо нарізаними грядками дводисковий сошник утворює на грядці двострічкову посадкову борозенку з ґрунтовим гребенем.

Важливим етапом у формуванні високих врожаїв є догляд за посадками картоплі. Основне завдання догляду – забезпечити захист картоплі від бур'янів, хворіб і шкідників, підтримати сприятливий водно-повітряний режим ґрунту. Проводять, як правило два досходових обробітки, один обробіток по сходах і 1-2 підгортання.

Перший досходовий обробіток проводять на 5-7 день після посадки, другий обробіток, через 6-8 днів після першого. Догляд проводять культиватором, робочі органи якого забезпечують обробіток борозни, тобто підгортаючу лапу, універсальну стрілчату лапу, а також ротаційні розпушувачі для стінки борозни. Обробіток поверхні грядок проводять з використанням сітчастої борони, яку начіпляють на брус культиватора, як під час обробітку звичайних гребневих посадок з міжряддям 70 см. Для розпушування грядок і знищення бур'янів в міжряддях на кожну з чотирьох секцій культиватора встановлюють на гряділі по дві стрілчаті лапи, одну триярусну підгортаючу лапу і ротаційний розпушувач.

Підгортання картоплі здійснюється при допомозі грядкоутворювача з якого зняті грядкоутворювачі, а залишають лише борозноутворювачі. Кількість переміщення ґрунту з міжрядь до рослин регулюються з допомогою швидкості руху, зміною глибини ходу лемешів. Додатково можна проводити підгортання при допомозі триярусної підгортаючої лапи, що кріпляться попарно на кінцях, вже культиватора КРН-4,2.

Для збирання бульби можна використовувати копачі або картоплезбиральні комбайни. Наприклад, копачем КСТ-1,4, спеціальним серійним картоплезбиральним комбайном ККУ-2А-4, що призначений для роботи на грядках, або сучасний картоплезбиральний комбайн КПК-2.

Технологія збирання передбачає за 1,5-2 тижні до збирання скошувати картоплиння косаркою подрібнювачем КИР-1,5Б.

Пряме комбайнування – найбільш прогресивний спосіб збирання картоплі, при якому виконується і відокремлюється від ґрунту, решток картоплиння і завантажуються у приймальний бункер комбайна або в транспорт, який рухається поряд з комбайном.

Післязбиральний обробіток бульб відбувається на картоплесортувальному пункті КСП-15Б.

Картоплю зберігають у сховищах, або закладають у кагати, закриття кагатів виконується машиною БН-100А [7].

Під час вирощування картоплі за грядково-стрічковою технологією передбачається зменшення прямих затрат, затрат праці і собівартості продукції на 6-8%, підвищення врожайності на 10-26% порівняно з гребеневою посадкою.

1.2. Огляд конструкцій машин для утворення грядок

Однією з технологій вирощування бульби є грядково-стрічкова технологія. Дана технологія передбачає нарізання грядок.

Передбачає нарізання грядок технологія вирощування овочевих культур.

Для цього використовується чотирьокорпусний грядкоутворювач УГН-4К призначений для нарізання на полі, що підготовлені під посів і посадку овочевих культур, одночасно трьох грядок з шириною в основі 140 см полотна грядок завширшки 80-90 см і висотою 17-28 см. [4, 6].

Грядкоутворювач складається з рами з начіпкою, двох опорних коліс катків, чотирьох борозноутворюючих корпусів, трьох фрезерних розпушувальних секцій, механізму автоматичного виглиблення корпусів і двох маркерів.

До переднього бруса рами приварені кронштейни підвіски, що призначені для начіплювання грядкоутворювача на механізм навіски трактора.

Рама грядкоутворювача спирається на два опорних катки.

Борозноутворюючий корпус має двобічну напіввинтову полицю леміш і гребінь. Усі чотири корпуси з'єднані між собою кінематичним зв'язком через поперечну тягу та запобіжні механізми, що забезпечують виглиблення корпусів при зустрічі з каменем чи якоюсь перешкодою і заглиблення після обходу перешкоди. Крайні корпуси мають стовбур з опорою для встановлення грядкоутворювача у неробочому положенні.

Кожна розпушувальна секція складається з рами зі змонтованим фрезерним барабаном діаметром 25 см і шириною захвату 84 см та кожуха з опорним листом. Розпушувальна секція шарнірна приєднана до рами машини і під час підйому грядкоутворювача в транспортне положення утримується регульованою по довжині розмірною штангою. У робочому стані секції повинні копіювати поверхню грядки.

Механізм приводу фрез-барабанів складається з карданного вала, з'єданого з валом відбору потужності трактора, одноступінчастого конічного редуктора, ланцюгової передачі, поперечного вала з запобіжними муфтами і ланцюгової передачі, до фрез барабанів.

Під час роботи борозноутворюючі конуси заглиблюють в орний шар на задану глибину, піднімають, обертають і укладають ґрунт на грядки, утворюючи борозни, розпушувальні секції фрезами, що обертаються, розпушують поверхню грядок на глибину 5-8 см, а опорні листи вирівнюють і ущільнюють ґрунт. Бічні щити формують бічні поверхні грядок.

Глибину ходу корпусів регулюють за допомогою зміни положення опорних катків, які мають гвинтовий регульований механізм. Якість кришення ґрунту фрез-барабанами регулюють, змінюючи частоту їх обертання за допомогою зміни зірочки на вихідному валу конічного редуктора, а також швидкості руху агрегату. Глибину розпушування полотна грядки фрез-барабанами змінюють положення опорного листа.

Нарізання грядок можна також здійснювати переобладнаним культиватором КРН-4,2 [4, 6].

Комплект робочих органів для нього включає чотири борозноутворювача. На раму культиватора замість семи секцій необхідних для нарізання гребенів з міжряддям 70 см, встановлюють чотири, розміщених через 140 см.

На всіх секціях культиватора в задніх кронштейнах встановлюють трьохярусні стрічаті лапи, конструкція яких уніфікована з робочими органами для нарізання гребенів. При цьому крайні лапи служать маркерами для утворення сліду при останньому проході трактора, а середні – для вибачення ґрунтового гребня, що утворюють борозноутворювачем.

Основними робочими органами культиватора для нарізання грядок є борозноутворювач (рис. 3.1), що являє собою дві пари сферичних дисків, встановлених один за одним на гряділі за допомогою паралелограмного механізму зв'язаного з брусом культиватора. Ліво- і правосторонніх дисків, що запозичені у луцильника. на дисках зроблені вирізи, що забезпечує краще кришення ґрунту в процесі нарізання грядок і протидіє налипанню ґрунту.

Грядки формують овальної форми з шириною верху 80...90 см, низу 100...110 см і висотою 14-16 см.

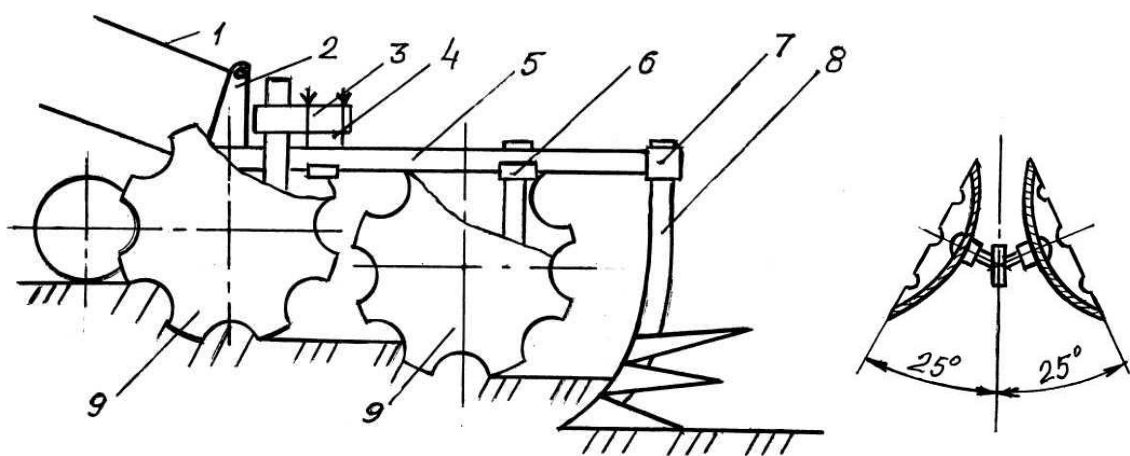


Рисунок 1.1 – Схема борозноутворювач:

1 – паралелограмний механізм; 2,3,6 – кронштейни; 4 – квадратний стержень;
5- гряділь; 7- задній кронштейн; 8 – триярусна стрілочна лапа; 9- спарені
вирізні диски

Грядки формують овальної форми з шириною верху 80...90 см, низу 100...110 см і висотою 14-16 см.

Грядки нарізають безстиковим способом. Трактор рухається лівим або правим колесом по розкритій крайньою трьохярусною лапою борозенці. При цьому два середніх борозноутворювачі формують одну повну або половини гряд. Продуктивність такого агрегату складає 1,7 га/год.

Висновок

Для підвищення ефективності виробництва картоплі доцільно запровадити у виробництво грядкову технологію, що передбачає перед посадкою формування гряд шириною зверху 80-40 см, знизу – 100-110 см і висотою 14-16 см. Для формування грядки з заданими параметрами запропоновано використати машину УГН-4К.

2. РОЗРАХУНОК АГРЕГАТУ ДЛЯ ПЕРЕДПОСАДКОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З УТВОРЕННЯМ ГРЯД

Вихідні дані для розрахунку операції нарізання грядок:

Розміри ділянки:

- довжина 400м;

- ширина 200м;

Рельєф місцевості $i = 3\%$;

Основний агрегат ДТ-75М + УГН – 4К (удосконалений).

Перед початком розрахунку необхідно вказати, що грядкоутворювач УГН-4К, який нами вдосконалений, з чотирьох дволемішних двополицевих корпусів для формування борозенки глибиною 16 см і шириною 40 см, а також грядкоформувача у вигляді борони шириною захвату 0,9 м в кількості 4 штук.

Під час розрахунку агрегату необхідно враховувати, що відбувається оранка і боронування.

Інтервал робочих швидкостей для грядкоутворювача складає 6 км/год, що для трактора ДТ-75М відповідає третій передачі $V_T = 6,05$ км/год [13].

Тяговий опір агрегату розраховуємо за формулою

$$R_{ag} = R_M + G_M \cdot i/100, \quad (2.1)$$

де G_M – вага машини, кН;

R_M – опір машини, кН.;

i – нахил місцевості.

$$R_M = n_k \cdot a \cdot v \cdot k_{kp} + k_0(1+(V_p - V_0) 0.01 \cdot \Delta C) n_\phi \cdot V_\phi, \quad (2.2)$$

де n_k – кількість корпусів борозенкоутворювачів, шт.;

a – ширина захвату корпусу, м;

v – глибина ходу корпусу, м;

k_{kp} – питомий тяговий опір корпусу. приймаємо як для оранки на дерново-підзолистих ґрунтах, $k_{kp} = 40$ кН/м²;

k_0 – питомий опір борони, $k_0 = 0,7$ кН/м;

ΔC – темп наростання тягового опору, $\Delta C = 3\%$;

n_{ϕ} – кількість грядкоформуваців в агрегаті;

B_{ϕ} – ширина захвату грядкоформувача.

$$R_m = 4 \cdot 0,15 \cdot 0,4 \cdot 40 + 0,7(1+(6,2 - 5)0,01 \cdot 3) 3 \cdot 1 = 11,79 \text{ кН.}$$

Тоді загальний опір агрегату:

$$R_{ag} = 11,79 + 15 \cdot 3 \cdot 0,01 \cdot 3 = 12,24 \text{ кН.}$$

Ширина агрегату з врахуванням, того що одночасно утворюється три грядки шириною 1,4 м, буде рівний:

$$B_{ag} = n_r \cdot B_r, \quad (2.3)$$

де n_r – кількість грядок, що формує грядкоутворювача;

B_r – ширина однієї грядки, м,

$$B_{ag} = 3 \cdot 1,5 = 4,2 \text{ м.}$$

Виходячи з тягової характеристики трактора ДТ-75М з врахуванням технологічної швидкості руху трактора під час нарізання грядок, вибираємо третю передачу, на якій $P_{кр} = 26,2$ кН, $N_{кр} = 44$ кВт, $V_{рн} = 6,05$ км/год, а витрата палива на даній передачі $G_T = 16,5$ кг/год [13].

Тобто для третьої передачі виконується умова $P_{кр} > R_{ag}$.

Визначаємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора:

$$\xi = \frac{R_{ag}}{P_{кр} - 0,01 \cdot G \cdot i}, \quad \xi = \frac{12,24}{26,2 - 0,01 \cdot 60 \cdot 3} = 0,5. \quad (2.4)$$

Тягове зусилля трактора використовується на половину.

Коефіцієнт використання номінальної потужності двигуна:

$$\eta_{ед} = \frac{N_{кр}}{N_{ен}}, \quad (2.5)$$

де $N_{кр}$ – гакова потужність трактора, кВт:

$$N_{\text{кр}} = \frac{R_a \cdot V_P}{3,6}, \quad (2.6)$$

$$N_{\text{кр}} = (12,24 \cdot 6,05) / 3,6 = 20,57 \text{ кВт.}$$

Отже

$$\eta_{\text{ед}} = \frac{20,57}{55} = 0,37.$$

Як бачимо з приведеного розрахунку потужність двигуна використовується на 37%.

Визначаємо показники роботи агрегату в полі і підготовки його до роботи.

Визначимо кінематичні параметри агрегату та показники використання робочих і холостих ходів.

Радіус повороту агрегату:

$$R = R_0 \cdot K_k, \quad (2.7)$$

де R_0 – радіус повороту при швидкості руху агрегату 5 км/год;

K_k – коефіцієнт пропорційності, що враховує швидкість під час повороту.

$$R = 0,9 \cdot 4,2 \cdot 1,05 = 3,969 \text{ м.}$$

Кінематична довжина агрегату:

$$l_k = l_{\text{ТР}} + l_{\text{М}}, \quad (2.8)$$

де $l_{\text{ТР}}$ – кінематична довжина трактора, м;

$l_{\text{М}}$ – кінематична довжина грядкоутворювача, м;

$$l_k = 2,35 + 6 = 8,35 \text{ м.}$$

Кінематична ширина агрегату:

$$d_k = B_{\text{ар}} / 2 = 4,2 / 2 = 2,1 \text{ м.} \quad (2.9)$$

Довжина виїзду агрегату:

$$e = 0,1 l_k = 0,1 \cdot 8,35 = 0,835 \text{ м.} \quad (2.10)$$

Приймаємо, що агрегат по полю буде рухатися човниковим способом, а тип повороту – петлевий грушоподібний.

Ширина поворотної смуги розраховується за формулою:

$$E_{\min} = 2,8 R + e + d_k, \quad (2.11)$$

де d_k – відстань від найбільш віддаленої точки агрегату до краю поворотної смуги;

$$E_{\min} = 2,8 \cdot 3,969 + 0,835 + 2,1 = 14,05 \text{ м.}$$

Фактична ширина поворотної смуги, враховуючи, що поперек нарізання рядок здійснювати неможливо буде рівна $E_{\phi} = 15 \text{ м.}$

Довжина робочого ходу:

$$L_p = L - 2 E_{\phi}, \quad (2.12)$$

де L – довжина поля, м;

$$L_p = 400 - 2 \cdot 15 = 370 \text{ м.}$$

Довжина холостого повороту рівна:

$$l_x = 8R + 2e, \quad (2.13)$$

$$l_x = 8 \cdot 3,969 + 2 \cdot 0,835 = 33,42 \text{ м.}$$

Тоді кількість робочих ходів n_p і холостих n_x на полі буде рівна:

$$n_p = C / B_{\text{ар}}; \quad n_x = (C / B_{\text{ар}}) - 1, \quad (2.14)$$

де C – ширина поля, м;

$$n_p = 200 / 4,2 = 47,6;$$

$$n_x = (200 / 4,2) - 1 = 46,6.$$

Приймаємо: $n_p = 47$, $n_x = 46$.

Коефіцієнт робочих ходів визначаємо за формулою:

$$\varphi = \frac{L_p \cdot n_p}{L_p \cdot n_p + l_x \cdot n_x}, \quad (2.15)$$

$$\varphi = \frac{370 \cdot 48}{370 \cdot 48 + 33,42 \cdot 47} = 0,92.$$

Визначимо тривалість циклу роботи агрегату:

$$L_{\text{ц}} = t_{\text{рц}} + L_{\text{хц}} = \frac{2L_{\text{р}}}{V_{\text{р}} \cdot 60} + \frac{l_{\text{х}}}{V_{\text{х}} \cdot 60}, \quad (2.16)$$

де $t_{\text{рц}}$, $t_{\text{хц}}$ – відповідно затрати часу за цикл на робочий хід і повороти, хв;

$V_{\text{х}}$ – швидкість руху агрегату на поворотах;

$$L_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot 370}{1,68 \cdot 60} + \frac{33,42 \cdot 2}{1,4 \cdot 60} = 8,14 \text{ хв.}$$

Кількість циклів роботи агрегату за зміну [1, 13, 16]:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{пз}} - T_{\text{отл}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (2.17)$$

де $T_{\text{зм}}$ – тривалість часу зміни, хв;

$T_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час, хв;

$T_{\text{отл}}$ – час регламентованих внутрізмінних перерв на відпочинок, $T_{\text{отл}} = 30$ хв.

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{ето}} + T_{\text{пп}} + T_{\text{пнк}} + T_{\text{пн}}, \quad (2.18)$$

де $T_{\text{ето}}$ – час на технічне обслуговування трактора і с.-г. машини, $T_{\text{ето}} = 32$ хв;

$T_{\text{пп}}$ – час на підготовку агрегату до переїзду, $T_{\text{пп}} = 3$ хв;

$T_{\text{пнк}}$ – час на переїзди на початку і в кінці зміни, $T_{\text{пнк}} = 30$ хв;

$T_{\text{пн}}$ – час на одержання наряду і здача роботи, $T_{\text{пн}} = 4$ хв.

Тоді

$$T_{\text{пз}} = 32 + 3 + 30 + 4 = 69 \text{ хв}; \quad n_{\text{ц}} = \frac{420 - 69 - 30}{8,14} = 39,43.$$

Приймаємо $n_{\text{ц}} = 40$.

Чистий робочий час за зміну:

$$T_{\text{р}} = 7,34 \cdot 40 = 293,6 \text{ хв.}$$

Дійсний час зміни:

$$T_d = 8,14 \cdot 40 + 69 + 30 = 424,6 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_d}, \quad \tau = \frac{293,6}{424,6} = 0,69. \quad (2.19)$$

Продуктивність агрегату за зміну:

$$W_{зм} = 0,1 B_p \cdot V_p \cdot T_p, \quad (2.20)$$

де B_p – ширина захвату, $B_p = 4,2$ м;

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 6,05 \cdot 4,89 = 12,4 \text{ га/зм.}$$

Продуктивність агрегату за годину чистого часу:

$$W_{годч} = \frac{W_{зм}}{T_p}, \quad (2.21)$$

$$W_{годч} = \frac{12,4}{4,89} = 2,535 \text{ га/год.}$$

Продуктивність агрегату за годину змінного часу:

$$W_{годз} = \frac{12,4}{7} = 1,77 \text{ га/год.}$$

Визначимо експлуатаційні затрати під час роботи агрегату.

Погектарна витрата палива:

$$Q = \frac{G_{тр} T_p + G_{гх} T_x + G_{го} T_o}{W_{зм}}, \quad (2.22)$$

де $G_{тр}$, $G_{гх}$, $G_{го}$ – середня годинна витрата палива, кг/га, відповідно при робочому ході, при холостому русі і при зупинках трактора з працюючим двигуном;

T_x – загальний час на повороти і переїзди, год.

$$T_x = t_{хц} \cdot n_{ц} + T_{пнк}, \quad (2.23)$$

$$T_x = 0,8 \cdot 40 + 30 = 62 \text{ хв.}$$

T_o – час на зупинку з працюючим двигуном за зміну, год.

$$T_o = T_{отл} + 0,5T_{ето} + T_{пп} + T_{пн}, \quad (2.24)$$

$$T_o = 30 + 0,5 \cdot 32 + 3 + 4 = 53 \text{ хв.}$$

Тоді

$$Q = \frac{16.5 \cdot 4.89 + 7 \cdot 1.03 + 1.8 \cdot 0.88}{12.4} = 7,22 \text{ кг/га.}$$

Затрати праці на одиницю виконаної роботи:

$$H = \frac{m \cdot T_{сд}}{W_{зм}}, \quad (2.25)$$

де m – загальна кількість робітників, що обслуговують агрегат.

$$H = \frac{1 \cdot 7,08}{12,4} = 0,57 \text{ люд.год/га.}$$

Питомі затрати на амортизацію трактора:

$$S_{ат} = \frac{(a_{рт} + a_{кр} + a_{тто})B_t}{100T_{рз} \cdot W_{год}}, \quad (2.26)$$

де $a_{рт}$, $a_{кр}$, $a_{тто}$ – норми річних відрахувань відповідно на реновацію, капітальний ремонт, технічне обслуговування і поточний ремонт в процентах;

B_t – балансова вартість трактора, грн.;

T_p – річне завантаження трактора, год;

W_t – годинна продуктивність агрегату, га/год,

$$S_{ат} = \frac{(12,5 + 22 + 6) \cdot 1200000}{100 \cdot 1300 \cdot 1,77} = 211,21 \text{ грн/га.}$$

Питомі затрати на амортизацію роторно-ударного струшувала:

$$S_{ам} = \frac{(a_{рм} + a_{том}) \cdot B_m}{100 \cdot T_{рм} \cdot W_r}, \quad (2.27)$$

де $a_{рм}$, $a_{том}$ – норми річних відрахувань відповідно на реновацію, технічне обслуговування і поточний ремонт роторного струшувала в процесах;

B_m – балансова вартість машини, грн.;

$T_{рм}$ – річне завантаження машини, год. ,

$$S_{ам} = \frac{(14,2 + 10) \cdot 300000}{100 \cdot 170 \cdot 1,77} = 241,28 \text{ грн/га.}$$

Питомі затрати на паливо-мастильні матеріали:

$$S_{пм} = Q \cdot Ц_{пм}, \quad (2.28)$$

де $Ц_{пм}$ – комплексна ціна 1 кг палива, грн.

$$S_{пм} = 7,22 \cdot 65 = 469,3 \text{ грн/га.}$$

Питомі затрати на основну зарплату:

$$S_{зп} = \frac{k \cdot (m_{тр} \cdot f_1 + m_d \cdot g \cdot f_2)}{W_{зм}}, \quad (2.29)$$

де k – коефіцієнт, що враховує доплати;

$m_{тр}$, m_d – відповідно кількість трактористів і допоміжного персоналу, що обслуговують агрегат;

f_1 , f_2 – тарифні ставки тракториста і допоміжного персоналу;

$$S_{зп} = \frac{1 \cdot 1,1 \cdot 200}{1,77} = 124,29 \text{ грн/га.}$$

Сумарні прями затрати на одиницю виконаної роботи:

$$S_o = S_{ат} + S_{ам} + S_{пм} + S_{зм}, \quad (2.30)$$

$$S_o = 211,21 + 241,28 + 469,3 + 124,29 = 1046,08 \text{ грн/га.}$$

Приведені затрати на роботу агрегату:

$$S_{\text{пр}} = S_o + \frac{E_n}{W_{\text{год}}} \cdot \left(\frac{B_r}{T_{\text{рт}}} + \frac{B_m}{T_{\text{рм}}} \right), \quad (2.31)$$

де E_k – коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_k = 0,15$.

$$S_{\text{пр}} = 1046,08 + \frac{0,15}{1,77} \cdot \left(\frac{1200000}{1300} + \frac{300000}{170} \right) = 1273,83 \text{ грн/га.}$$

На основі отриманих даних зроблена операційна карта, що приведена на аркуші графічної частини.

Висновки

1. Для формування грядки запропоновано використати машину УГН-4К на якій замість ґрунтообробних фрез встановлені пасивні грядкоформувачі.

2. Були розраховані основні техніко-економічні показники виконання операції утворення грядок агрегатом ДТ-75М + грядкоутворювач на базі УГН-4К, що становлять: продуктивність агрегату за зміну – 12,4 га/зм; витрата палива – 7,22 кг/га; затрати праці – 0,57 люд.год/га; прямі експлуатаційні затрати – 1046,08 грн/га; приведені експлуатаційні затрати – 1273,83 грн/га.

3. РОЗРОБКА ГРЯДКОУТВОРЮВАЧА

3.1. Обґрунтування розробки грядкоутворювача

Для картоплі необхідно створити розпушений шар ґрунту для хорошого повітряного обміну.

Нарізання грядок переробленим культиватором КРН-4,2, має недолік, який полягає в тому, що поверхні грядки утворюються нерівно з звальними гребнями від борозноутворювача, що перешкоджає якісній роботі картоплесаджалки. Тобто картопля буде висаджуватися на неоднакову глибину [6].

Для нарізання гряд краще застосовувати серійний грядкоутворювач УГН-4К. Але даний грядкоутворювач формує саму поверхню грядки за допомогою фрези, тобто грядкоформуючої секції, яка задовольняє умовам посадки овочевих культур, але не картоплі. По-перше, фреза утворює сильно розпушений верхній шар ґрунту, товщиною 50-80 мм, який скоро злежується і утворює ґрунтову кірку, по друге висота гребенів формується заднім щитом, який сильно ущільнює ґрунт, що є необхідним для овочевих культур, але недопустимим для картоплі.

Тому необхідно удосконалити саму секцію для формування поверхні грядки, щоб забезпечувала і вирівнювала верх грядки без її ущільнення.

3.2. Будова та технологічний процес роботи грядкоутворювача

Розробка запропонованого грядкоутворювача здійснюється шляхом удосконалення грядкоформувача УГН-4К, на якому замінено фрезерні грядкоформувачі на розроблені [4, 6, 21].

Тобто розроблений грядкоутворювача буде мати чотири борозноутворювачі у вигляді корпусів плуга, що має двобічну напівгвинтову полицю, леміш і греділь. Вони кріпляться до рами, що опирається на два

колеса катки. До рами також шарнірно кріпиться розроблені грядкоформувачі (див. лист графічної частини).

Даний грядкоутворювача складається з рами 1, до осі 2, якої кріпляться колеса 4 за допомогою яких виконуються регулювання висоти грядки. До рами для вирівнювання поверхні грядки застосовується шлейф 5 і борна 3.

Під час проходу грядкоутворювача утворюється три грядки необхідних розмірів.

Тобто спочатку борозноутворювачі корпуси утворюють борозенку і викидають землю на грядку, яка розподіляється по поверхні грядки вирівнюючи її, а борона дає змогу, ще додатково розпушити ґрунт. Якість утворення грядки задовольняють умовам посадки картоплі.

Конструкція грядкоутворювача забезпечує регулювання висоти грядки і горизонтальність розміщення секції відносно її поверхні.

3.3. Розрахунок основних параметрів грядкоутворювача

3.3.1 Розрахунок конструктивних параметрів грядкоутворювача

Основні конструктивні параметри грядкоутворювача будуть залежати від форми і розмірів самої грядки. Тому розглянемо основні параметри грядки (рис. 3.1).

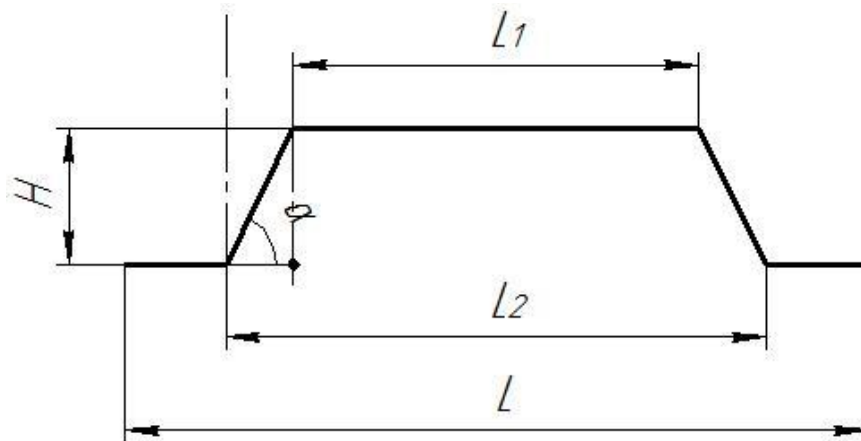


Рисунок 3.1 – Схема сформованої грядки

Грядкоутворювач має формувати грядку, що має наступні параметри:

L – ширина грядки з врахуванням борозенки, тобто ширина самої грядки $L = 1,4\text{м}$; H – висота грядки, $H = 0,14\dots 0,18\text{см}$; L_2 , L_1 – відповідно ширина гребня грядки в основі і по вершині. Залежать від висоти грядки і розмірних параметрів борозенки.

Приймаємо, що ми будемо робити борозенку по дну рівну 400мм, для свобідного руху трактора. Ширина борозенки по дну має бути більша за ширину колеса трактора, який буде здійснювати міжрядний обробіток. Тобто $L - L_2 = 0,4\text{м}$.

По вершині ширина борозенки має бути рівна 600мм, тобто $L - L_1 = 0,6\text{м}$.

Отже

$$L_2 = L - 0,4 = 1,4 - 0,4 = 1\text{м};$$

$$L_1 = L - 0,6 = 1,4 - 0,6 = 0,8\text{м}.$$

Звідси кут нахилу грані бічної борозенки буде рівний (рис. 3.2)

$$\alpha = \arctg \frac{H}{(L_2 - L_1) / 2}. \quad (3.1)$$

Внаслідок зміни глибини H борозенки від 0,14 до 0,18м, буде змінюватись кут α , в межах.

$$\alpha_{\min} = \arctg \frac{0.14}{(1 - 0.8) / 2} = 54.46^{\circ};$$

$$\alpha_{\max} = \arctg \frac{0.18}{(1 - 0.8) / 2} = 60.94^{\circ}.$$

Враховуючи, що великого значення відхилення кута нахилу бічної грані борозенки немає, приймаємо кут $\alpha = 60^{\circ}$, і залишимо константою, а зміна

глибини борозенки буде впливати тільки на зміну ширини грядки по вершині, тобто з

$$L_1 = L_2 - \frac{2H}{\sin \alpha}. \quad (3.2)$$

Тоді

$$L_{1\max} = 1 - \frac{2 \cdot 0.14}{\operatorname{tg} 60^\circ} = 0.838 \text{ м};$$

$$L_{1\min} = 1 - \frac{2 \cdot 0.18}{\operatorname{tg} 60^\circ} = 0.798 \text{ м}.$$

Зміна висоти грядки по висоті в залежності від коливання висоти грядки від 0,14 м до 0.18 м буде становити

$$\Delta L_1 = L_{1\max} - L_{1\min} = 0.838 - 0.792 = 0.04 \text{ м}. \quad (3.3)$$

Як бачимо різниця ширини по висоті є незначна, тому робочу ширину захвату грядкоутворювача приймаємо рівну 0,85 м

Враховуючи, що послідовно йде виконання операцій вирівнювання ґрунту шлейфами і боронування модернізованою зубовою бороною то мінімальну довжину робочої зони удосконалення (рис 3.2) визначаємо з умов якісної роботи

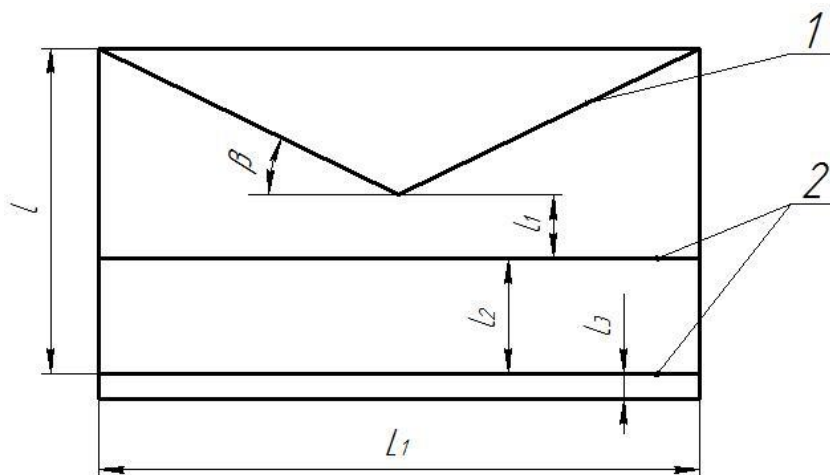


Рисунок 3.2 – Схема для розрахунку робочої довжини секції.

Шлейф повинен розташовуватись під певним кутом, щоб забезпечувати перемішування нагорнутої землі на краях борозенки корпусами до середини.

Крім того, якщо взяти борону БЗТС – 1 то на ній є 20 зубів. Таку саму кількість зубів ми беремо у нашому випадку, але з врахуванням того, що вони розміщені по 10 штук у два ряди в шахматному порядку, тоді

$$l' = \frac{L_1}{n}, \quad (3.4)$$

де l' – віддаль між зубами в одному рядку, м;

n – кількість зубів в одному по рядку,

$$l' = \frac{0.85}{10} = 0.085\text{м} = 85\text{мм}.$$

Також ми повинні забезпечити простір між робочими органами, щоб не відбувалося забивання грядкоутворювача землею і бур'янами.

Тоді, орієнтовна довжина вирівнювача рівна

$$l = \frac{L_1}{2} \cdot \text{tg}\beta + l_1 + l_2 + l_3, \quad (3.5)$$

де β – кут нахилу шлейфа. $\beta = 20^\circ$;

l_1 і l_2 – віддалі, гарантують не забивання проміжків, відповідно між вирівнювачем і першим рядом зубів і між першим та другим рядом зубів;

l_3 – відступ балки рами формувача від останнього ряду зубів,

$$l = \frac{0.85}{2} \cdot \text{tg}20 + 0.1 + 0.2 + 0.1 = 0.554\text{м}.$$

Тобто активна, робоча частина грядко формувача, буде мати мінімальну довжину 0.554 м і ширину 0.85 м.

Дані параметри. під час конструювання формувача можуть змінюватись в більшу сторону, для забезпечення кріплення основних вузлів і деталей.

3.3.2 Розрахунок глибини ходу корпусу грядкоутворювача для формування заданої висоти грядки

Під час роботи корпус утворює борозенку, з якої земля переміщується на гребінь грядки утворюючи валок ґрунту який розрівнює шлейфами грядкоформувача.

Розглянемо переріз грядки (рис. 3.3).

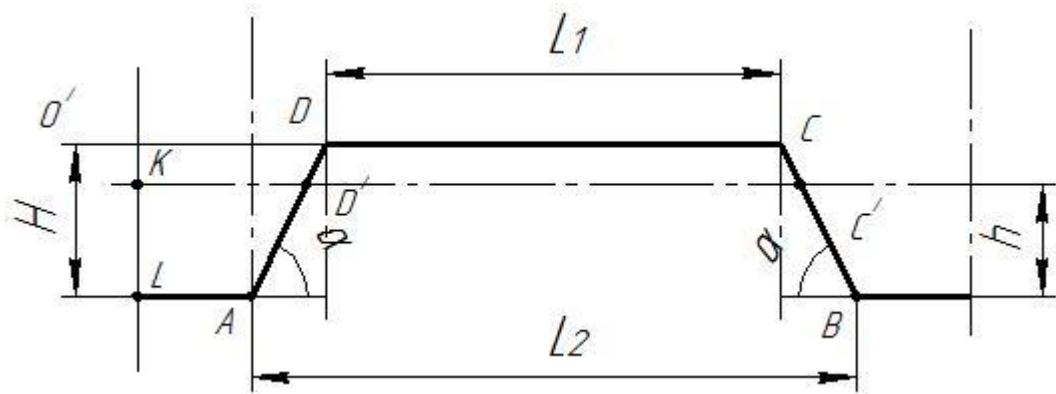


Рисунок 3.3 – Схема перерізу грядки

Земля площею в перерізі $2S_{KLD'A}$ (враховано що грядка формується двома корпусами, що своїми правою і лівою частиною. переміщують ґрунт до середини) утворює разом з землею по поверхні поля OO' площею $S_{AD'C'B}$, утворює грядку площею в перерізі S_{AOCB} .

Площа половинки перерізу грядки $S_{KLD'A}$ буде рівна, як площа прямокутної трапеції

$$S_{KLD'A} = \frac{1}{2}(l_{LA} + l_{KD'})h, \quad (3.6)$$

де h – глибина ходу корпусу грядкоутворювача. тобто відстань від дна борозенки до рівня поверхні поля OO' ;

l_{LA} – половина ширини борозенки по дну;

l_{KD} – половина ширини грядки на рівні поверхні землі,

$$l_{LA} = \frac{l_1 - l_2}{2}, \quad l_{KD'} = l_{LA} + h \operatorname{ctg} \alpha. \quad (3.7)$$

Площа перерізу грядки рівна

$$S_{ADCB} = S_{AD'C'B} + 2S_{KLAD'}, \quad (3.8)$$

де
$$S_{ADCB} = \frac{1}{2} H(l_{AB} + l_{OC}), \quad (3.9)$$

$$S_{AD'C'B} = \frac{1}{2} h(l_{AB} + l_{OC'}). \quad (3.10)$$

де l_{AB} – ширина грядки по дну борозенки;

l_{DC} – ширина грядки по гребню, $l_{DC} = L_1$;

$l_{D'C'}$ – ширина грядки по поверхні поля,

$$l_{D'C'} = \frac{1}{2} h(l_{AB} + l_{A'B} - 2h \operatorname{ctg} \alpha). \quad (3.11)$$

Метою розрахунку є знайти h , тобто на якій глибині має рухатись борозенкоутворювач. а також $\Delta h = H - h$ – різниця глибини ходу корпусів і висота грядки. що буде вихідною величиною, для взаємного розміщення борозенкоформуваача.

Тобто рівняння (3.8), з врахуванням (3.6), (3.7), (3.9), (3.10) і (3.11) можемо записати

$$\frac{1}{2} H(l_{AB} + l_{AB} - 2H \operatorname{ctg} \alpha) = \frac{1}{2} h(l_{AB} + l_{AB} - 2h \operatorname{ctg} \alpha) + 2 \frac{1}{2} h(l_{AL} + l_{AL} + h \operatorname{ctg} \alpha).$$

Проведемо спрощення і перетворення даного рівняння

$$\frac{1}{2} H(L_2 + L_2 - 2H \operatorname{ctg} \alpha) = \frac{1}{2} h(L_2 + L_2 - h \operatorname{ctg} \alpha) + h \left(2 \frac{L - L_2}{2} + h \operatorname{ctg} \alpha \right);$$

тобто отримуємо, що

$$h = \frac{HL^2 - H^2 \operatorname{ctg} \alpha}{L}. \quad (3.12)$$

В одному рівнянні є невідомими H і h , але ми будемо задаватись висотою грядки H , щоб знайти на яку глибину h необхідно встановити корпус.

Вихідні умови, висота грядки коливається в межах від 14 до 18 см.

Коли $H=14$ см, тоді

$$h = \frac{14 \cdot 100 - 14^2 \cdot \operatorname{tg} 60}{140} = 9.19 \text{ см.}$$

Тоді $\Delta h = 14 - 9.19 = 4.8$ см.

При $H=18$ см

$$h = \frac{18 \cdot 100 - 18^2 \cdot \operatorname{ctg} 60}{140} = 11.52 \text{ см ,}$$

$$\Delta h = 18 - 11.52 = 6.48 \text{ см.}$$

Тобто для отримання грядки висотою від 14 до 18 см глибина ходу корпусу відповідно має приблизно бути від 9 до 12 см. Розміщення зубів відносно шлейфа має бути 6 см, що відповідає роботі зуба зубової передачі.

3.3.3. Розрахунок клемового з'єднання кріплення секції грядкоутворювача до лонжеронів

Два лонжерона, що шарнірно кріпляться до рами УГН-4К, використовувались в серійному варіанті, для кріплення фрези, що формує грядку.

В удосконаленому варіанті, дані лонжерона служать для кріплення грядкоформувача за допомогою клемового з'єднання.

Проведемо силовий аналіз і визначимо які зусилля діють на секцію (рис. 3.4).

На секцію будуть діяти сила від опору шлейфа $P_{ш}$, зубової борони $P_{31} + P_{32} = P_3$ і ваги секції G_c .

Дані сили навколо точки O , центра клемового з'єднання будуть створювати обертовий момент $M_{об}$, який має комплектуватись, щоб утримувати раму грядкоутворювача в горизонтальному положенні, моментам опору $M_{зат}$, від затяжки болтів клемового з'єднання.

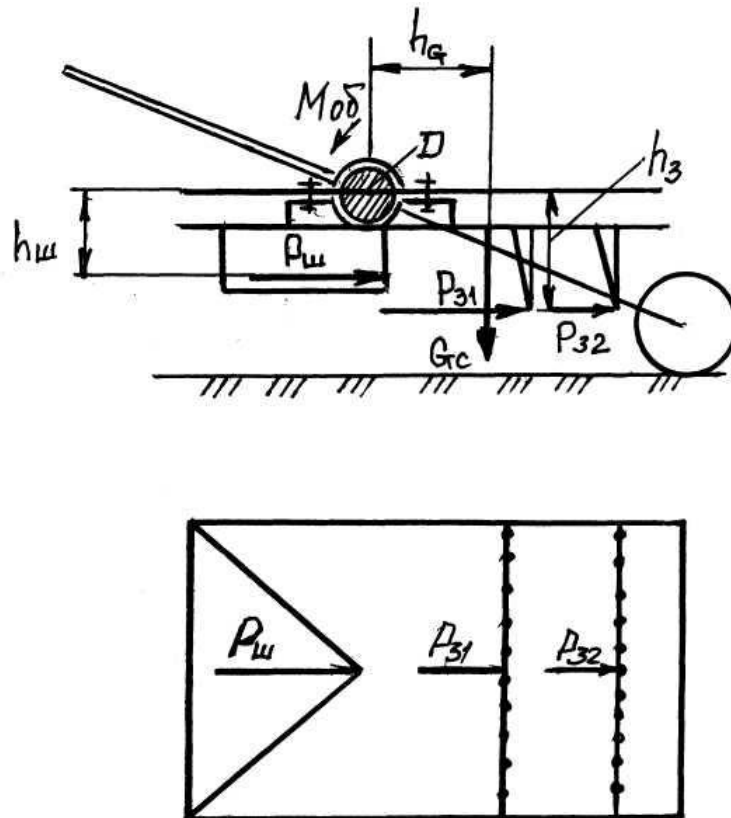


Рисунок 3.4 – Схема сил, що діють на секцію грядкоформувача

Сила опору шлейфа рівна

$$P_{ш} = B \cdot K_{ош}, \quad (3.14)$$

де B – ширина захвату шлейфа, м;

$K_{ош}$ – питомий опір шлейфа.

Тоді

$$P_{ш} = 0,85 \cdot 0,65 = 0,5525 \text{ кН} = 552,5 \text{ Н.}$$

Аналогічно визначається сила опору від зубової борони.

$$P_3 = B \cdot K_{o3}, \quad (3.15)$$

де K_{o3} – питомий опір зубової борони, $K_{o3} = 0,7 \text{ кН/м}$.

Тоді

$$P_3 = 0,85 P_3 = 0,85 \cdot 0,7 = 0,595 \text{ кН}.$$

Момент $M_{об}$ буде рівний

$$M_{об} = P_{ш} \cdot h_{ш} + P_3 h_3 - G_c \cdot h_G, \quad (3.16)$$

де $h_{ш}$ – плече дії сили опору шлейфа, м;

h_3 – плече дії сили опору зубової борони, м;

G_c – вага секції, $G_c = 0,30 \text{ кН}$;

h_G – плече дії ваги секції.

Значення даних величин отримували в результаті розрахунку конструктивних параметрів грядкоформувача. тоді:

$$M_{об} = 552,5 \cdot 0,2 + 595 \cdot 0,26 - 300 \cdot 0,6 = 247,2 \text{ Нм}.$$

Розглянемо схему клемового з'єднання (рис. 3.5.)

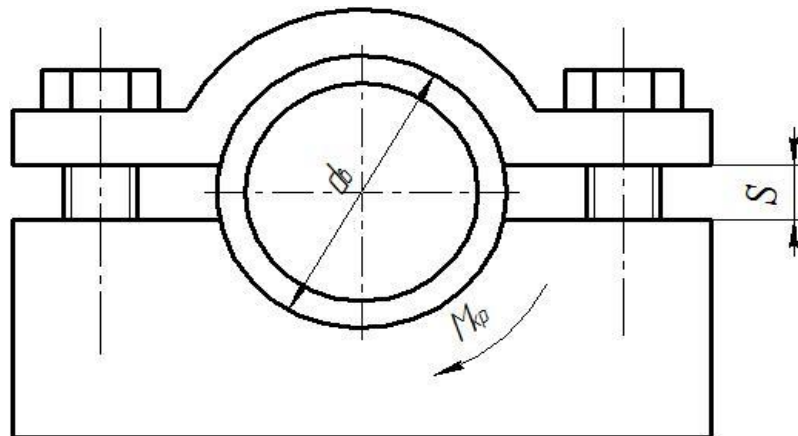


Рисунок 3.5 – Схема клемового з'єднання

Для клемового з'єднання силу затягування болтів P визначають з умови, що момент тертя на поверхні контакту повинен бути більший ніж момент обертання від сил, що діють на секцію, тобто

$$M_{об} \leq f \cdot p \cdot \frac{z}{2} \cdot d_b, \quad (3.17)$$

де f – коефіцієнт тертя заліза по залізу, $f = 0.1$ [2];

z – кількість болтів на клемовому з'єднанні, $z = 8$;

d_b – діаметр вала, м.

Враховуючи запас міцності, можемо записати, що сила затяжки болта P , для умови $M_{об} = M_{тр}$, буде рівна

$$P = \frac{2.4M_{кк}}{f \cdot d_b \cdot z}; \quad (3.18)$$

$$P = \frac{2.4 \cdot 247.2}{0.1 \cdot 8 \cdot 0.06} = 12360 \text{ Н.}$$

Болт працює на розтяг, тоді його діаметр в найменшому сеченні з умови на міцність рівний

$$d_1 = \frac{5.2P}{\Pi \cdot [\sigma_p]}, \quad (3.19)$$

де $[\sigma_p]$ – допустиме значення напружень що виникають в болту під дією сил розтягу. Для сталі 30, з якою зроблений болт [2]

$$[\sigma_p] = 0.5[\sigma_p] = 300 \cdot 0.5 = 150 \text{ МПа.}$$

Отже

$$d_1 = \sqrt{\frac{5.2 + 12360}{3.14 \cdot 150 \cdot 10^6}} = 0.0116 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр болта $d_1 = 12 \text{ мм}$.

Висновки

1. На основі аналізу існуючих конструкцій грядкоформуваців прийшли до висновку, що вони не забезпечують якісного формування грядок під картоплю, оскільки ґрунтообробна фреза надмірно розпушує ґрунт оптимальної вологості.

2. Для формування грядок розробили комбіновані грядкоформуваці до складу яких входять вирівнювальні шлейфи та ланка зубової борони з боковинами, що замінили ґрунтообробні фрези на ґрунтоутворювачі УГН-4К.

3. Розроблений грядкоутворювач формує грядку з наступними параметрами: висота гребеня 0,14...0,18 м; ширина грядки з врахуванням борозенки 1,4 м; ширина борозенки в основі 0,6 м.

4. Для утворення грядки висотою від 14 до 18 см глибина ходу корпусу відповідно має становити від 9 до 12 см. Мінімальні довжина та ширина рами грядкоформувача для оптимального розташування робочих органів мають становити відповідно 0,554 м та 0,85 м.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Структурно-функціональний аналіз процесу підготовки ґрунту під садіння картоплі з формуванням грядок

Нарізанням грядок проводять весною, але перед проведенням даної операції необхідно виконати глибоке чизелювання. Для нарізання грядок нами запропоновано використовувати грядкоутворювач УГН-4К з якого замість фрезерного барабана, що сприяє формуванню грядки, встановлюємо розроблений грядкоформувавч. Більш простіша конструкція грядформувавча підвищує безпечність виконання операції, бо не використовуються більш небезпечні ґрунтообробні фрези.

Тобто, при виконанні технологічного процесу, передбачені наступні операції:

- заїзд машинно-тракторного агрегату на поле;
- переведення грядкоутворювача в робоче положення;
- здійснювати рух агрегату із заданою технологічною швидкістю;
- проводити формування грядок з дотриманням вимог техніки безпеки;
- при переїздах з одного міжряддя в інше переводити агрегат в транспортне положення, і при заїзді в наступне повторюють весь технологічний процес знову.

Внаслідок використання машинно-тракторного агрегату можуть виникнути наступні аварійні та травмонебезпечні ситуації:

- падіння з підніжок (при вході чи виході у кабіну, заправка);
- при очищенні робочих органів;
- наїзд на відпочиваючих людей;
- падіння на робочі органи машини;
- захват одягу (частини тіла) рухомими деталями агрегату;
- перекидання машинно-тракторного агрегату на схилах.

4.2. Моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій під час підготовки ґрунту під садіння картоплі з формуванням грядок

Проаналізувавши дані фактори виникнення небезпечних ситуацій зобразимо один із них у вигляді таблиці 4.1 [26].

Таблиця 4.1 – Моделювання процесів виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій

Вид роботи	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	небезпечна умова (НУ)	небезпечна дія (НД)	небезпечна ситуація (НС)		
Підготовка ґрунту під посадку з утворенням грядок	Відсутні захисні кожухи (НУ ₁) Тракторист не пройшов інструктаж з охорони праці (НУ ₂)	Робітник підійшов близько до робочого органу під час виконання операції НД	Попадання робітника у зону роботи агрегату НС	Травмування робітників	Машинно-тракторний агрегат повинен бути обладнаний всіма захисними кожухами та захисними пристроями Тракторист повинен пройти інструктаж з охорони праці.

Аналізуючи таблицю можна скласти майбутню модель процесу:

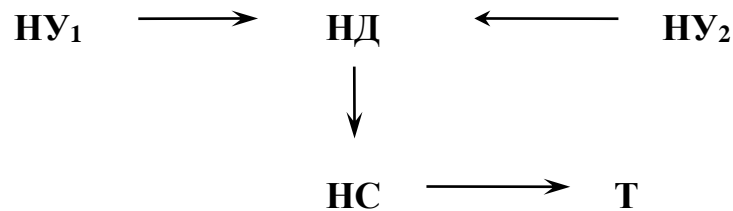


Рисунок 4.1 – Модель процесу

4.3. Обґрунтування організаційно технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу

4.3.1. Правила техніки безпеки під час використання агрегату

1. До роботи на машинно-тракторному агрегатів допускаються особи, які мають дозвіл на керування, досягли 18 років, пройшли загальний та місцевий інструктаж з техніки безпеки.
2. Приступати до роботи можна лише у спеціальному одязі, який видається господарством.
3. Перевірити справність агрегату і безпечність роботи, ще до виїзду на поле.
4. Впевнитись у наявності всіх захисних засобів (кожухів, щитків, вогнегасника, аптечки).
5. На полі не допускається велике каміння, рови, яри, ями та інші перешкоди.
6. Перед початком роботи перевірити кріплення робочих органів до рами грядко утворювача, а самого грядко утворювача до трактора.

7. При роботі машинно-тракторного агрегату в міжрядді забороняється підходити до нього ближче двох метрів.
8. Під час руху забороняється виходити та заходити в трактор.
9. Проводити операції щоденного технічного обслуговування при зупиненому агрегаті і не працюючому двигуні після закінчення роботи.
10. Забороняється перевозити людей на грядкоутворювачі.

4.3.2. Розрахунок агрегату від перекидання на схилах

Зробимо розрахунок при якій максимальній швидкості можна виконувати повороти, виходячи із умови стійкості проти перекидання.

Критичну швидкість визначаємо з формули

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{gRB}{2h_{ц}}}, \quad (4.1)$$

де B – ширина колії трактора, $B = 1,35$ м;

$h_{ц}$ – висота центру ваги агрегату, $h_{ц} = 0,35$ м;

R – радіус повороту беремо середнє значення наших доріг, $R = 6$ м.

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 6 \cdot 1,35}{2 \cdot 0,35}} = 10,65 \text{ км/год.}$$

Так як трактор ДТ-75М в агрегаті з удосконаленим грядкоутворювачем УГН-4 в польових умовах не розвиває такої швидкості, то у відношенні охорони праці агрегат стійкий від перекидання.

4.4. Захист цивільного населення

Захист населення і територій є системою загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами рад, органами управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту, підпорядкованими їм силами та засобами підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності, що

забезпечують виконання організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Рятувальні та ліквідаційні роботи здійснюється в три етапи.

На першому етапі виконується наступне: здійснюють захист працівників; запобігають за можливості збільшенню руйнувань чи інших негативних наслідків. Для захисту працівників використовують: своєчасне оповіщення, яке сприяє уникненню значних людських жертв; організована евакуація (за потреби); надання медичної допомоги потерпілим; попередження і гасіння пожеж.

На другому етапі здійснюються: пошук потерпілих в наслідок стихійного лиха; розбирання завалів.

На третьому етапі вирішуються питання щодо відновлення робото здатності господарства: ремонт будівель та приміщень; відновлення комунікацій; відшкодування збитків.

5. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

З розвитком сільськогосподарського виробництва вплив людини на природу зріс у негативному напрямку. В процесі розвитку сільськогосподарського виробництва людина перейшла від споживання продуктів природи до використання природних умов і ресурсів, для вирощування рослин і тварин [2, 23].

На теперішньому етапі сільськогосподарське виробництво є одним із основних, що характеризується середнім контактом з навколишнім середовищем.

В умовах інтенсивного сільськогосподарського виробництва використовується велика кількість самохідних машин, тракторів, добрив та отрутохімікатів, їх неправильне застосування негативно впливає на рослинний і тваринний світ, приносить шкоду навколишньому середовищу.

Внаслідок використання мінеральних добрив, пестицидів гине жива природа, багато видів рослин, тварин, комах і птахів, що борються з шкідниками полів. Цим самим порушується природній процес протікання біологічного життя тварин і рослин.

5.1. Охорона та раціональне використання ґрунтів

Під час використання мінеральних добрив, в господарствах велику увагу приділяють як економному їх використанню, так і дотримання агрофонів внесення поживних речовин. Перед виконанням робіт по внесенню мінеральних добрив, отрутохімікатів проводяться інструктажі по техніці безпеки.

При виборі препаратів враховуються не тільки їх токсичні та екологічні фактори, але і їх можливість накопичення в ґрунті живими організмами.

Особливе місце в процесі вирощування картоплі займає захист рослин від хвороб і шкідників за допомогою отрутохімікатів. При неправильному

застосуванні хімічних засобів захисту рослин отрутохімікати можуть накопичуватись в ґрунті та картоплі, взаємодіяти між собою, перетворюючись в більш небезпечні сполуки. Це безумовно приносить велику шкоду не тільки природі, рослинному і тваринному світу, але і здоров'ю людини. Тому перед початком садіння картоплі це необхідно враховувати.

В даний час в господарствах застосовується попереджувально-профілактична технологія захисту рослин.

В останній час господарства впроваджують систему ціленаправленого захисту рослин. Ця система, на відміну від систем попереджувально-профілактичного обробітку, передбачає введення тільки повністю необхідних операцій по захисту рослин. Таким чином зменшується число обробітків і затрат отрутохімікатів, що зменшує негативний вплив на ґрунт, а також відбувається економія коштів.

При виконанні технологічних операцій велика увага приділяється зменшенню кількості проходів агрегату по полі для запобігання надмірного ущільнення ґрунту.

5.2. Охорона та ефективне використання водних ресурсів

Основним джерелом технічної води в господарствах неприродні водойми, штучні невеликі водосховища. В основному вода з них використовується для миття сільськогосподарської техніки та технічних цілей. Для того, щоб паливо-мастильні матеріали не попадали у водойму, миття сільськогосподарської техніки здійснюється на спеціально обладнаній площадці, з фільтруючими пристроями. Для запобігання попадання отрутохімікатів та мінеральних добрив у водойми, їх зберігають у складських приміщеннях, що відповідають санітарно-гігієнічним нормам.

5.3. Охорона атмосферного повітря

Найбільшими забрудниками повітря у господарствах є автотракторний транспорт та котельня.

Для очищення атмосферного повітря у господарстві навколо забруднюючих об'єктів розміщені смуги дерево-кущових насаджень. Викид шкідливих газів з автотранспорту контролюють і при потребі усувають при технічному огляді машини відповідно до встановлених норм.

5.4. Охорона тваринного світу

В умовах економічної та екологічної кризи при переході до ринкових відносин та різних форм власності без ефективних заходів з боку держави процес деградації генофонду флори і фауни, ценозів, екосистем та ландшафтів стане незворотним.

На території України нині відомо близько 45 тис. видів тварин, серед яких – понад 700 видів хребетні, решта – безхребетні. Основними проблемами у галузі охорони і регулювання використання тваринного світу є його недостатня вивченість, відсутність достовірних даних щодо запасів промислових видів та обсягів їх добування, погіршення природних умов існування диких тварин через зростаючий антропогенний вплив та послаблення їх охорони від незаконного використання та знищення. Зараз до Червоної книги України занесено 382 види рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, тварин.

Значний негативний вплив на тваринний світ має і сільськогосподарське виробництво, що використовує засоби механізації, добрива, отрутохімікати, створює несприятливі умови для проживання та розмноження тварин, що приводить до їх масового знищення.

Висновки і пропозиції

Чинники інтенсифікації сільськогосподарського виробництва при їх раціональній організації дають значний соціально-економічний ефект у вигляді приросту врожаю. Проте слід відмітити, що під час реалізація чинників інтенсифікації сільського господарства виникають значні недоліки організаційно-виробничого, техніко-технічного та екологічного характеру.

З метою зменшення шкідливого впливу технологій виробництва сільськогосподарських культур слід здійснювати ряд заходів, а саме:

- розробити досконалу науково-обґрунтовану систему сівозмін, що враховує особливості вирощування сільськогосподарських культур в регіоні та спеціалізацію господарства;
- значно покращити агротехніку всіх технологічних операцій, особливо внесення мінеральних добрив та обприскування, тобто проведення хімічного захисту польових;
- підвищити вимоги до зберігання добрив та отрутохімкатів;
- раціонально комплектувати машино-тракторні агрегати з врахуванням мінімізації обробітку та використання комбінованих агрегатів, що поєднують ряд операцій. Впровадження цих заходів дасть можливість підвищити екологічну ефективність виробництва сільськогосподарської продукції.

6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО ГРЯДКОУТВОРЮВАЧА УГН-4К

Для підвищення врожайності картоплі запропоновано запровадити грядкову технологію вирощування, що передбачає нарізання гребенів та посадку в них бульб. Для нарізання гребенів запропоновано використати грядкоутворювач УГН-4К в якому фрези замінені на комбіновані грядкоформувачі до складу яких входять вирівнювальні шлейфи та ланка зубової борони з боковинами. Удосконалений грядкоутворювач, порівняно з прототипом, забезпечує підвищення продуктивності процесу оскільки можна підвищити швидкість переміщення агрегату. Крім того ціна машини буде менша, бо вартість фрез є вища ніж розроблених грядкоформувачів.

Отже, економічна ефективність удосконаленого грядкоутворювача буде розрахована порівняно з існуючим грядкоутворювачем УГН-4К.

Враховуючи зміну цін на техніку, паливо-мастильні матеріали, сільськогосподарську продукцію, а також зміну нормативів на заробітну плату, дані показники вважаються реальними для умов можливого використання удосконаленого грядкоутворювача УГН-4К. Розрахунок здійснюється згідно з запропонованою методикою в наступній послідовності [11, 24]. На основі експлуатаційних показників роботи удосконаленої і базової машин, нормативно-довідкових матеріалів, реальних цін на трактори і сільськогосподарську техніку, паливо-мастильні матеріали та інше, заповнюється таблиця вихідних даних для визначення економічної ефективності.

Вихідні дані (станом на 1.09.2023 року) для розрахунку економічної ефективності удосконаленого грядкоутворювача УГН-4К наведені в таблиці. 6.1, де враховані тільки показники, що відносяться до технологічного процесу утворення грядок і впливають на економічний ефект.

Аналіз економічної ефективності проводиться на ПЕОМ.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності удосконаленого грядкоутворювача УГН-4К

ПОКАЗНИКИ	ДТ-75М+ УГН-4К	
	базовий	удоскона - лений
1	2	3
Продуктивність агрегату або машини за годину змінного часу: га	1,55	1,77
Балансова вартість, грн :		
машини	550000	300000
енергетичного засобу (трактора)	1200000	1200000
Річне завантаження, год.:		
машини	170	170
енергетичного засобу (трактора)	1300	1300
Чисельність виробничого персоналу, чол.:		
основного	1	1
Годинні тарифні ставки, грн/люд.год :		
основного персоналу	200	200
Коефіцієнт, що враховує доплати:		
основного персоналу	1,1	1,1
Коефіцієнт відрахувань на реновацію:		
енергетичного засобу (трактора)	0,125	0,125
машини	0,142	0,142
Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування		
енергетичного засобу (трактора)	0,22	0,22
машини	0,16	0,10
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт:		
енергетичного засобу (трактора)	0,06	0,06
Витрата паливо-мастильних матеріалів, кг/га	8,25	7,22
Ціна 1 кг палива з врахуванням вартості мастильних матеріалів, що припадає на 1 кг палива, грн	65	65

Продовження таблиці 6.1

1	2	3
Коефіцієнти затрати на зберігання від вартості технічного обслуговування енергетичного засобу (трактора)	0,065	0,065
	0,065	0,065
Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень	0,15	
Коефіцієнт гарантії споживачу економічного ефекту	0,95	
Коефіцієнт переведення оптової ціни в балансову	1,1	

Показники економічної ефективності наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Показники економічної ефективності використання удосконаленого грядкоутворювача УГН-4К

ПОКАЗНИКИ	ДТ-75М+ УГН-4К	
	базовий	удоскона – лений
1	2	3
1. Річне напрацювання, га	263,5	300,9
2. Прямі затрати (грн/га) на:		
– оплату праці	141,94	124,29
– паливо-мастильні матеріали	536,25	469,3
– технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт	500,72	245,72
– реновацію	370,84	206,76
– інші прямі затрати	32,55	15,97
– всього прямих затрат	1582,3	1062,04
3. Капітальні вкладення, грн/га	2682,82	1518,52
4. Зведені затрати, грн/га	1984,72	1289,82

5. Річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн	—	209096,91
Продовження табл.6.2.		
1	2	3
6. Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби нової машини, грн	—	716085,32
Верхня межа ціни нової машини, грн	—	923713,93
Лімітна ціна нової машини, грн	—	877528,23
7. Затрати праці, люд.-год/	0,65	0,56
8. Річна економія праці, люд.-год	—	27,08
9. Ступінь зменшення затрат (в %)		
– праці	—	13,85
– прямих затрат	—	32,88
– зведених затрат	—	35,01
– капіталовкладень	—	43,4

Отримані результати розрахунку свідчать про доцільність використання удосконаленого грядкоутворювача УГН-4К для нарізання грядок порівняно з базовим грядкоутворювачем УГН-4К.

За рахунок підвищення продуктивності агрегату та зменшення його вартості спостерігається зменшення на один гектар сформованих грядок: праці на 13,85 %; прямих затрат на 32,88 %; зведених затрат – 35,01 %; капіталовкладень – 43,4 %.

Річний економічний ефект від використання удосконаленого грядкоутворювача УГН-4К (в цінах на 1.09.2023 року) становить 209,10 тис.грн за умови річного напрацювання 300,9 гектарів.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Для підвищення ефективності виробництва картоплі доцільно запроваджувати грядкову технологію, що дасть змогу підвищити врожайність. Особливу увагу під час запровадження даної технології треба звернути на операцію утворення грядок.

2. Для формування грядки запропоновано використати машину УГН-4К на якій замість ґрунтообробних фрез встановлені пасивні грядкоформувачі.

3. Були розраховані основні техніко-економічні показники виконання операції утворення грядок агрегатом ДТ-75М + грядкоутворювач на базі УГН-4К, що становлять: продуктивність агрегату за зміну – 12,4 га/зм; витрата палива – 7,22 кг/га; затрати праці – 0,57 люд.год/га; прямі експлуатаційні затрати – 1046 грн/га; приведені експлуатаційні затрати – 1273 грн/га.

4. На основі аналізу існуючих конструкцій грядкоформувачів прийшли до висновку, що вони не забезпечують якісного формування грядок під картоплю, оскільки ґрунтообробна фреза надмірно розпушує ґрунт оптимальної вологості. Для формування грядок розробили комбіновані грядкоформувачі до складу яких входять вирівнювальні шлейфи та ланка зубової борони з боковинами, що замінили ґрунтообробні фрези на ґрунтоутворювачі УГН-4К.

5. Розроблений грядкоутворювач формує грядку з наступними параметрами: висота гребеня 0,14...0,18 м; ширина грядки з врахуванням борозенки 1,4 м; ширина борозенки в основі 0,6 м. Для утворення грядки висотою від 14 до 18 см глибина ходу корпусу відповідно має становити від 9 до 12 см. Мінімальні довжина та ширина рами грядкоформувача для оптимального розташування робочих органів мають становити відповідно 0,554 м та 0,85 м.

6. Шляхом аналізу стану охорони довкілля в господарстві виявлені недоліки і подані пропозиції для їх усунення, а також розглянуті питання

охорони праці під час виконання операції передпосівного обробітку ґрунту з утворенням грядок.

7. За рахунок підвищення продуктивності агрегату та зменшення його вартості спостерігається зменшення на один гектар сформованих грядок: праці на 13,85 %; прямих затрат на 32,88 %; зведених затрат – 35,01 %; капіталовкладень – 43,4 %. Річний економічний ефект від використання удосконаленого грядкоутворювача УГН-4К (в цінах на 1.09.2023 року) становить 209,10 тис.грн за умови річного напрацювання 300,9 гектарів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Бендера І.М., Грубий В.П., Роздорожнюк П.І. та ін. Експлуатація машин та обладнання. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І. 2013. 576 с.
- 2 Білявський Г. О., Фурдуй Р. С. , Костіков І. Ю. Основи екології: підручник, 2-ге вид., доповн. Київ. Либідь, 2005. 407 с.
- 3 Булгаков В.М., Гриник І.В., Калетнік Г.М. та ін. Теоретична механіка: підручник /за ред. Акад. НААН В.М. Булгакова. Київ: Аграрна наука, 2014. 560 с.
- 4 Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
- 5 Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник. Київ. Вища освіта, 2005. 464 с.
- 6 Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник. Київ. Вища освіта, 2004. 544 с.
- 7 Волков В.Д., Куценко В.С., Дзюба В.І. Довідник лакового по вирощуванню картоплі. Київ: Урожай, 2007. 334 с.
- 8 Грядкоутворювачі. Електронний ресурс: URL: [https://agrovektor.com/ua/category/1393-gryadoobrazovatel.html](https://agrovektor.com.ua/category/1393-gryadoobrazovatel.html) (дата звернення: 20.02.2024)
- 9 Грядкоутворювачі. Електронний ресурс: URL: <https://www.olx.ua/uk/transport/selhoztehnika/q-%D0%B3%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C/> (дата звернення: 20.02.2024)
- 10 Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. Київ: ДІА, 2007. 279 с.
- 11 Данильченко М. Г., Гладич Б. Б., Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки: Навчально-методичний посібник для студентів економічних спеціальностей. Тернопіль: Економічна думка, 2011. 61 с.

- 12 Довбуш А.Д., Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Рубінець Н.А. Опір матеріалів: навчально-методичний посібник до виконання курсової роботи. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 128с.
- 13 Довідник з машиновикористання в землеробстві / за ред. В.І. Пастухова. Харків: Веста. 2001. 347 с.
- 14 Довідник конструктора-машинобудівника (комплект з 3 книг). URL: https://balka-book.com/ua/spravochniki_po_mashinostroeniyu-286/spravochnik_konstruktora_mashinostroitelya_komplekt_iz_3_knig-4411 (дата звернення: 20.01.2023).
- 15 Закон України “Про охорону праці”. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>. (Дата звернення 10.03.2023).
- 16 Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. Київ: Кондор. 2007. 334 с.
- 17 Настечко П.М. Індустріальна технологія виробництва картоплі. Київ: Урожай, 2011. 257 с. 18
- 18 Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. -2-ге вид., стереотип. Київ. Техніка, 2004. 512 с: іл.
- 19 Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів: Підручник. Київ: Вища школа, 2004. 655 с.
- 20 Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів. ЛДАУ, 1998. 264 с.
- 21 Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М., Рудь А.В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2013. 224 с.;
- 22 Семен Я.В., Чухрай В.Є., Крупич О.М., Рис В.І., Буртак В.В.Методичні рекомендації для виконання дипломного проекту студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» ОС «Бакалавр». Львів. Сполум. 2023. 72 с.
- 23 Снітинський В.В., Саницький М.А., Мазурак О.Т., Мазурак А.В. Інженерне екологія. Аспекти енергозбереження: навчальний посібник. Львів. Априорі, 2008. 221с.

- 24 Сосновська О.О., Ярошенко П.П., Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень у рослинництві. Навчальний посібник. Київ. Центр навчальної літератури. 2006. 384 с.
- 25 Стандарт підприємства: дипломні і курсові проекти (роботи), загальні вимоги до оформлення. Львів: ЛНАУ, 2017. 13 с.
- 26 Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П., Мазур І.Б. та ін. Безпека життєдіяльності та охорона праці. Навч. посібник. Львів: Сполом. 2022. 376 с.
- 27 Трактори в Україні. Електронний ресурс: URL: <https://prom.ua/ua/p1297179566-traktor-belarus-8922.html> (дата звернення: 20.02.2024)